10 Lösungen

1.6 Verständnisfragen

1. Äußere Kräfte = Steifigkeit mal Verschiebung
2. Die Steifigkeit ergibt sich aus dem Material (E-Modul) und der Geometrie des Bauteils. Sie entspricht der Federrate und gibt zum Beispiel an, mit wie viel Newton ein Bauteil belastet werden muss, um es um $1\,\mathrm{mm}$ zu verformen. Die Einheit ist $\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm}}$.
3. Nein. Bei der Festlegung von Lasten (Kräfte und Drehmomente) und Lagern werden für die Analyse bestimmte Annahmen getroffen. Die Abmessungen und Werkstoffwerte haben Toleranzen, Kanten sind nicht „scharf", Lager sind nicht starr, Kräfte sind nicht punkt- oder linienförmig etc. Weiter kommt hinzu, dass es sich bei der Finite-Elemente-Methode um eine Näherungsmethode handelt, mit der eine absolute Genauigkeit prinzipiell nicht möglich ist.
4. Zuerst die Verschiebungen. Verschiebungen sind die Hauptunbekannten in der Finite-Elemente-Analyse und werden als solche immer erheblich genauer als Spannungen und Dehnungen sein. Eine relativ grobe Vernetzung ergibt bereits zufrieden stellende Verschiebungsergebnisse, während für gute Spannungsergebnisse in der Regel erheblich feinere Netze erforderlich sind. Aus den Verschiebungen werden dann Reaktionskräfte und Spannungen berechnet.
5. Erstellen einer Studie – Anwenden des Materials – Einspannungen definieren – Lasten definieren – Modell vernetzen – Studie ausführen – Ergebnisse analysieren
6. Tetraedische Volumenkörperelemente 1. Ordnung, Tetraedische Volumenkörperelemente 2. Ordnung, Dreieckige Schalenelemente 1. Ordnung, Dreieckige Schalenelemente 2. Ordnung, Balkenelemente
7. Tetraedische Volumenkörperelemente 1. Ordnung (Entwurfsqualität) verfügen in jeder Ecke genau über einen Knoten. Das kann bei einer Analyse sehr schnell zu großen Fehlern führen. Tetraedische Volumenkörperelemente 2. Ordnung verfügen über genau 10 Knoten (4 Eckknoten und 6 Knoten jeweils in der Mitte der Kanten). Die Elemente 2. Ordnung können abgerundete Kanten und Flächen besser vernetzen. Bei den Schalenelementen gilt ähnliches.
8. Bei Blechen und Bauteilen mit gleich bleibender Dicke. Die Rechenzeit für das Schalenmodell ist bedeutend kürzer als für das Volumenmodell.
9. Je kleiner die Elemente gewählt werden, desto geringer sind die so genannten Diskretisierungsfehler, desto länger dauert jedoch auch die Vernetzung und die Lösungsfindung.
10. Wenn man eine bestimmte Stelle im Bauteil genauer untersuchen möchte, gibt es die Möglichkeit, speziell an dieser Stelle ein feineres Netz zu definieren. Dieses Verfahren nennt man lokale Netzverfeinerung (Vernetzungssteuerung).
11. Wenn an einem Bauteil mehrere Beanspruchungsarten gleichzeitig wirken, z. B. Biegung und Torsion, kann man aus diesen eine so genannte Vergleichsspannung berechnen. Die Biegebeanspruchung bewirkt Normal- und die Torsionsbeanspruchung Schubspannungen.

M. Brand, *Grundlagen FEM mit SolidWorks 2010*, DOI 10.1007/978-3-8348-9838-8_10,

Die Umrechnung dieser beiden Spannungskomponenten auf eine einzige Normalspannung gelingt mit den Festigkeitshypothesen.

12. Es handelt sich hierbei um einen Fehler, der an unendlich scharfen Kanten entsteht.

2.7 Übungen

1. $\sigma_{\text{bmax}} = 107 \dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

2. $\sigma_{\text{bmax}} = 119{,}3 \dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

3. $\sigma_{\text{bmax}} = 24{,}3 \dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ (als Druckspannung an der Unterseite beim Lager A)

3.5 Übungen

1. x-x: $\sigma_{\text{z}} = 2{,}25 \dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

   y-y: $\sigma_{\text{z}} = 2{,}25 \dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2}$; $\sigma_{\text{b}} = 54 \dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2}$; $\sigma_{\text{V}} = 56{,}25 \dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

   z-z: $\tau_{\text{a}} = 2{,}25 \dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2}$; $\sigma_{\text{b}} = 47{,}25 \dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2}$; $\sigma_{\text{V}} = 47{,}4 \dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

2. x-x: $\sigma_{\text{b}} = 73{,}7 \dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2}$; $\tau_{\text{t}} = 30{,}7 \dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2}$; $\sigma_{\text{V}} = 90{,}9 \dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

4.2 Übung

$F_A = F_B = 12 \text{ kN}$

Stab	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Zug (kN)		18,9			10,5	10	10,5			18,9	
Druck (kN)	23,2		4,7	19,4				19,4	4,7		23,2

5.3 Übung

$$\sigma_{\max} = \alpha_k \cdot \sigma_n \approx 1.52 \cdot \frac{200\,000 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} \cdot (40 \text{ mm})^2} = 242 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$